

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-233846

(43)Date of publication of application : 13.09.1996

(51)Int.Cl.

G01P 15/08

G01D 3/00

G01P 21/00

(21)Application number : 07-035788

(71)Applicant : FUJITSU LTD

(22)Date of filing : 24.02.1995

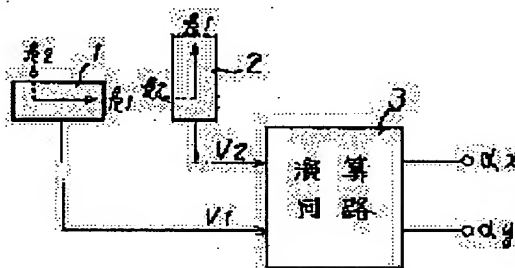
(72)Inventor : IMAMURA TAKAHIRO  
MUTO HIROSHI

## (54) METHOD AND APPARATUS FOR DETECTING ACCELERATION

## (57)Abstract:

PURPOSE: To enhance the detecting sensitivity of an acceleration by correcting the errors of a plurality of acceleration sensors so disposed that the directions of main sensitivities cross each other due to the lateral sensitivity by the calculation from the outputs of the respective sensors.

CONSTITUTION: The acceleration sensors 1, 2 so disposed that the directions of main sensitivities  $k_1$  cross each other, and an arithmetic circuit 3 for calculating the outputs  $V_1$ ,  $V_2$  of the sensors 1, 2 are provided. The circuit 3 corrects the errors of the outputs of the sensors 1, 2 due to a lateral sensitivity  $k_2$  by the calculation. Further, the circuit 3 calculates  $\{\alpha\}=[K]-1\{V\}$ , wherein the sensitivity matrix for giving an output vector  $\{V\}$  for an acceleration vector  $\{\alpha\}$  is  $[K]$ , thereby calculating the accelerations in a plurality of axial directions. The sensitivities  $k_1$  and  $k_2$  are substantially equalized between the sensors 1 and 2 to simplify the designing of the circuit 3. Moreover, the circuit 3 calculates the axes only by an inverting amplifier, thereby easily selecting a circuit material.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.03.2000

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 09.04.2002

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

\* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] The acceleration detection approach characterized by amending the error by two or more acceleration sensors arranged so that the main sensibility direction may cross mutually, and the transverse sensitivity of each of said acceleration sensor by the operation from the output of each of said acceleration sensor.

[Claim 2] The acceleration detection approach according to claim 1 characterized by arranging said two or more acceleration sensors so that the main sensibility direction may intersect perpendicularly mutually.

[Claim 3] Acceleration detection equipment characterized by preparing two or more acceleration sensors arranged so that the main sensibility direction may cross mutually, and the arithmetic circuit which calculates the output of each of said acceleration sensor, and amending the error by transverse sensitivity by the operation from the output of each of said acceleration sensor in said arithmetic circuit.

[Claim 4] Acceleration detection equipment according to claim 2 which set to [K] the sensibility matrix which gives the output vector {V} over an acceleration vector {alpha} in said arithmetic circuit, and was characterized by calculating {alpha} = [K]<sup>-1</sup>{V}.

[Claim 5] Acceleration detection equipment according to claim 2 or 3 with which the main sensibility and transverse sensitivity were characterized by the almost equal thing among said two or more acceleration sensors.

[Claim 6] Acceleration detection equipment according to claim 2 to 4 characterized by calculating each shaft only with an inversed amplifier in said arithmetic circuit.

[Claim 7] Acceleration detection equipment according to claim 2 to 4 characterized by calculating each shaft only with one addition-and-subtraction amplifier in said arithmetic circuit.

[Claim 8] Acceleration detection equipment according to claim 3 to 5 characterized by arranging said two or more acceleration sensors so that the main sensibility direction may intersect perpendicularly mutually.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DETAILED DESCRIPTION

---

## [Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Industrial Application] This invention relates to the acceleration detection approach and equipment which detect the acceleration of each component from the output of two or more acceleration sensors arranged by crossing.

[0002] For example, in the magnetic disk drive etc., in order to position an exact head, acceleration detects the shake of a case, and movement of a head arm, or when disturbance vibration is received, in order to stop writing, the acceleration of a case is detected, and detection of acceleration with few errors is desired.

[0003]

[Description of the Prior Art] The conventional acceleration detection has intersected perpendicularly and arranged two or more acceleration sensors, and had detected the acceleration of each shaft orientations with the output from each acceleration sensor. However, generally, an acceleration sensor has sensibility slightly also to the acceleration of the direction which intersects perpendicularly in the main sensibility direction, and this is called transverse sensitivity.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In the above conventional things, originally, there is transverse sensitivity which is the acceleration of the direction which intersects perpendicularly in the main sensibility direction without an output slightly, and it had become the cause of a measurement error. For this reason, it was required to lower own transverse sensitivity of an acceleration sensor to a limit.

[0005] This invention solves such a conventional technical problem, is amending the error by transverse sensitivity by the operation from the output of two or more acceleration sensors, and aims at raising the detection precision of acceleration.

[0006]

[Means for Solving the Problem] drawing 1 — the principle explanatory view of this invention — it is — the inside of drawing 1 , and 1 — an acceleration sensor and 2 — an acceleration sensor and 3 — an arithmetic circuit and k1 — in the main sensibility and k2, the output of an acceleration sensor 1 and V2 show the output of an acceleration sensor 2, and, as for transverse sensitivity and V1,  $\alpha_x$  shows the y-axis component of acceleration, as for the x-axis component of acceleration, and  $\alpha_y$ .

[0007] This invention was constituted as follows in order to solve the above-mentioned technical problem. An operation amends the error by two or more acceleration sensors 1 and 2 arranged so that the main sensibility direction may cross mutually, and the transverse sensitivity of each of said acceleration sensors 1 and 2 from the outputs V1 and V2 of each of said acceleration sensor.

[0008] Moreover, two or more acceleration sensors 1 and 2 arranged so that the main sensibility direction may cross mutually, and the arithmetic circuit 3 which calculates the outputs V1 and V2 of each of said acceleration sensors 1 and 2 are formed, and an operation amends the error by transverse sensitivity from the outputs V1 and V2 of each of said acceleration sensor in said arithmetic circuit 3.

[0009] Furthermore,  $\{\alpha\} = [K]^{-1}\{V\}$  is calculated in said arithmetic circuit 3, using as  $[K]$  the sensibility matrix which gives the output vector  $\{V\}$  over an acceleration vector  $\{\alpha\}$ . Moreover, the main sensibility and transverse sensitivity make it almost equal among said two or more acceleration sensors 1 and 2.

[0010] Furthermore, it is made to calculate each shaft only with an inversed amplifier in said arithmetic circuit 3. Moreover, it is made to calculate each shaft only with one addition-and-subtraction amplifier in said arithmetic circuit 3.

[0011]

[Function] The operation of this invention based on said configuration is explained based on drawing 1 . The detection precision of acceleration can be raised by amending the error by two or more acceleration sensors 1 and 2 arranged so that the main sensibility direction may cross mutually, and the transverse sensitivity of each of said acceleration sensors 1 and 2 by the operation from the outputs V1 and V2 of each of said acceleration sensor.

[0012] Moreover, two or more acceleration sensors 1 and 2 arranged so that the main sensibility direction may cross mutually, and the arithmetic circuit 3 which calculates the outputs V1 and V2 of each of said acceleration sensors 1 and 2 can be formed, and the detection precision of acceleration can be raised by amending the error by transverse sensitivity by the operation from the outputs V1 and V2 of each of said acceleration sensor in said arithmetic circuit 3.

[0013] Furthermore, the acceleration of two or more shaft orientations can be calculated by calculating  $\{\alpha\} = [K]^{-1}\{V\}$  in said arithmetic circuit 3, using as  $[K]$  the sensibility matrix which gives the output vector  $\{V\}$  over an acceleration vector  $\{\alpha\}$ .

[0014] Moreover, the design of an arithmetic circuit can be simplified because the main sensibility and transverse sensitivity make it almost equal among said two or more acceleration sensors 1 and 2. Furthermore, selection of a circuit ingredient becomes easy by it being made to calculate each shaft only with an inversed amplifier in said arithmetic circuit 3.

[0015] Moreover, there is little amplifier, it ends with it being made to calculate each shaft only with one addition-and-subtraction amplifier, and a circuit is simplified in said arithmetic circuit 3.

[0016]

[Example] Hereafter, the example of this invention is explained based on a drawing. Drawing 2 - drawing 4 are drawings having shown the example of this invention, and the same sign has shown the same thing as drawing 1 among drawing.

[0017] \*\*1: The explanatory view 2 of acceleration detection is an explanatory view of acceleration detection, and is explanation according [ accord / drawing 2 (A) / explanation of an acceleration sensor / drawing 2 (B) ] to operation expression.

[0018] 1) (a) of the explanatory view 2 of an acceleration sensor (A) shows acceleration component  $\alpha_x$  of the acceleration component  $\alpha$  of the direction of a x axis, and the direction of the y-axis which should be measured.

[0019] Although (b) of drawing 2 (A) is the acceleration sensor 1 arranged so that the direction of the main sensibility  $k_1$  may meet a x axis and should detect only the acceleration of x direction essentially, as for the sensibility (transverse sensitivity)  $k_2$  of the direction which intersects perpendicularly with it, it has not zero but the sensibility of a certain person.

[0020] (c) of drawing 2 (A) is the acceleration sensor 2 arranged so that the direction of the main sensibility  $k_1$  may meet the y-axis, and is the same property as an acceleration sensor 1.

2) From the output of two or more acceleration sensors arranged by intersecting perpendicularly, explanation this invention of the acceleration by operation expression amends the error by transverse sensitivity by the operation, and detects the acceleration of each component.

[0021] Drawing 2 (B) is explanation by operation expression, and in x components and y component of acceleration which should be measured, when  $V_1$ ,  $V_2$ , and the main sensibility of each acceleration sensors 1 and 2 are set to  $k_1$  and transverse sensitivity is set to  $k_2$ , it has [ output / from  $\alpha_x$ ,  $\alpha_y$ , an acceleration sensor 1, and an acceleration sensor 2 / each ] the following relation, respectively.

[0022]

$V_1 = k_1 \alpha_x + k_2 \alpha_y$  ..... (1)

$V_2 = -k_2 \alpha_x + k_1 \alpha_y$  ..... (2)

Then, it is as follows when it asks for  $\alpha_x$  and  $\alpha_y$  from a formula (1) type (2).

[0023]

$\alpha_x = K_{11} V_1 - K_{12} V_2$  ..... (3)

$\alpha_y = K_{21} V_1 + K_{22} V_2$  ..... (4)

However,  $K_{11} = k_1 / (k_1^2 + k_2^2)$

$K_{12} = k_2 / (k_1^2 + k_2^2)$

$K_{21} = k_2 / (k_1^2 + k_2^2)$

$K_{22} = k_1 / (k_1^2 + k_2^2)$

By carrying out the above-mentioned operation,  $\alpha_x$  and  $\alpha_y$  are correctly detectable.

[0024] Moreover, are also the same as when taking into consideration to the transverse sensitivity of the direction of z which intersects perpendicularly with x and y. if  $\{V\}$  and a sensibility matrix are written by  $[K]$  and an acceleration vector is written for an output vector by  $\{\alpha\}$  —  $\{V\} = [K] \{\alpha\}$  — it is —  $\{\alpha\} = [K]^{-1} \{V\}$  — each component  $\alpha_x$  of x of acceleration, and y and z,  $\alpha_y$ , and  $\alpha_z$  are correctly detectable by calculating  $[K]^{-1} \{V\}$ .

[0025] Furthermore, also when the main sensibility direction of each sensor does not intersect perpendicularly, if the angle to make is known, it can amend.

\*\*2: Arrange the explanation acceleration sensor 1 and acceleration sensor 2 of an arithmetic circuit to the sense the sense and the main sensibility direction cross at right angles. And output voltage from an acceleration sensor 1 and an acceleration sensor 2 should be set to  $V_1$  and  $V_2$ , and the main sensibility and transverse sensitivity shall have gathered between these two acceleration sensors. In addition, this output voltage  $V_1$  and  $V_2$  is considered as the output after letting a charge amp pass, when an acceleration sensor is a charge mold like a piezoelectric device.

[0026] 1) The reversal amplifier 4-7 which the explanatory view 3 of an arithmetic circuit using an inversed amplifier (amplifier) is an explanatory view of the arithmetic circuit which used reversal amplifier, and consisted of four operational amplifiers (operational amplifier) in drawing 3 is formed.

[0027] The resistance  $r_0$  and the feedback resistor  $r_0$  by which the reversal amplifier 4 was connected to output voltage  $V_1$  at the minus input terminal are connected, and the plus input terminal is grounded through resistance  $r_0/2$ .

[0028] The resistance  $r_{11}$  to which the reversal amplifier 5 was connected to the minus input terminal at the output of the reversal amplifier 4, the resistance  $r_{12}$  connected to output voltage  $V_2$ , and a feedback resistor

r1 are connected, and the plus input terminal is grounded through resistance rG1. In addition, resistance rG1 is a bias compensation resistor, and uses the juxtaposition combined-resistance value of a feedback resistor r1, resistance r11, and resistance r12.

[0029] The resistance r22 and the feedback resistor r2 by which the reversal amplifier 6 was connected to the resistance r21 which connected with output voltage V1 at the minus input terminal, and output voltage V2 are connected, and the plus input terminal is grounded through resistance rG2. In addition, resistance rG2 is a bias compensation resistor, and uses the juxtaposition combined-resistance value of a feedback resistor r2, resistance r21, and resistance r22.

[0030] The resistance r0 and the feedback resistor r0 by which the reversal amplifier 7 was connected to the output of the reversal amplifier 4 at the minus input terminal are connected, and the plus input terminal is grounded through resistance r0/2.

[0031] Next, actuation of the circuit of drawing 3 is explained. On the upper case, only output voltage V1 is reversed with the reversal amplifier 4 of the preceding paragraph, and the latter reversal amplifier 5 performs addition with weight with output voltage V2. In this case, acceleration  $\alpha \times (= (r1/r11) \cdot V1 - (r1/r12) \cdot V2)$  is obtained by what is considered as the combination of resistance to which  $r1 / r1$  [ r11 and ]/r12 turn into K11 and K12 of said formula (3), respectively.

[0032] In the lower berth, the reversal amplifier 6 of the preceding paragraph performs addition with weight of output voltage V1 and output voltage V2, and an output is reversed with the latter reversal amplifier 7. In this case, acceleration  $\alpha \text{phay} (= (r2/r21) \cdot V1 + (r2/r22) \cdot V2)$  is obtained by what is considered as the combination of resistance to which  $r2 / r2$  [ r21 and ]/r22 turn into K21 and K22 of said formula (4), respectively.

[0033] Although what is necessary is to just be referred to as  $r1=r2$ ,  $r11=r22$ , and  $r12=r21$  in this example since the main sensibility and transverse sensitivity have gathered between two acceleration sensors, since it is changeable independently, even if the main sensibility and transverse sensitivity of these do not correspond between two acceleration sensors, they can respond.

[0034] Moreover, since  $-K21$  and  $V1-K22$ , and  $V2 (= -\alpha \text{phay})$  are obtained by the operation of the reversal amplifier 6 of the preceding paragraph in the circuit of the lower berth, if it can be coped with in a consecutive circuit, the latter reversal amplifier 7 is omissible.

[0035] Although considered as the configuration of both the power-sources amplifier that grounds + input terminal of reversal amplifier in this example, there is instead of [ no ] in effectiveness also as piece power-source amplifier by making + input terminal into middle potential.

[0036] 2) The addition-and-subtraction amplifier 8 and 9 which the explanatory view 4 of an arithmetic circuit using addition-and-subtraction amplifier (amplifier) is an explanatory view of the arithmetic circuit which used addition-and-subtraction amplifier, and consisted of two operational amplifiers (operational amplifier) in drawing 4 is formed.

[0037] The resistance r1 by which the resistance r12 and the feedback resistor r1 by which the addition-and-subtraction amplifier 8 was connected to output voltage V2 at the minus input terminal were grounded with the resistance r11 connected to output voltage V1 by connecting at the plus input terminal is connected.

[0038] The resistance (juxtaposition combined resistance of resistance r21 and r22) by which it connected and the resistance r21 to which the addition-and-subtraction amplifier 9 was connected to output voltage V1 at the plus input terminal, the resistance r22 connected to output voltage V2, and the grounded resistance r2 were grounded by the minus input terminal with the feedback resistor r2 is connected.

[0039] Next, actuation of the circuit of drawing 4 is explained. The addition-and-subtraction amplifier 8 of an upper case performs the addition and subtraction with weight of output voltage V1 and output voltage V2. In this case, acceleration  $\alpha \times (= (r1/r11) \cdot V1 - (r1/r12) \cdot V2)$  is obtained by what is considered as the combination of resistance to which  $r1 / r1$  [ r11 and ]/r12 turn into K11 and K12 of said formula (3), respectively.

[0040] The addition-and-subtraction amplifier 9 of the lower berth performs addition with weight with output voltage V1 and output voltage V2. In this case, acceleration  $\alpha \text{phay} (= (r2/r21) \cdot V1 + (r2/r22) \cdot V2)$  is obtained by what is considered as the combination of resistance to which  $r2 / r2$  [ r21 and ]/r22 turn into K21 and K22 of said formula (4), respectively.

[0041] Thus, in this example, an operational amplifier can be managed with two and a circuit is simplified compared with the circuit which uses said reversal amplifier. In addition, it does not call at the analog circuit which showed the above-mentioned operation to drawing 3 and drawing 4, but the same effectiveness can be acquired even if it processes by the digital system by the digital arithmetic circuit using A/D conversion.

[0042]

[Effect of the Invention] As explained above, according to this invention, there is the following effectiveness.

\*\* : the detection precision of acceleration can be raised by amending the error by the transverse sensitivity of two or more acceleration sensors by the operation from the output of each of said acceleration sensor.

[0043] \*\* : the arithmetic circuit which calculates the output of two or more acceleration sensors can be prepared, and the detection precision of acceleration can be raised by amending the error by transverse sensitivity by the operation from the output of each of said acceleration sensor in said arithmetic circuit.

[0044] \*\* : the acceleration of two or more shaft orientations can be calculated by calculating  $\{\alpha\} = [K]^{-1}\{V\}$  in an arithmetic circuit, using as [K] the sensibility matrix which gives the output vector {V} over an acceleration vector {alpha}.

[0045] \*\* : the design of an arithmetic circuit can be simplified because the main sensibility and transverse

sensitivity make it almost equal among two or more acceleration sensors.

\*\* : selection of a circuit ingredient becomes easy by it being made to calculate each shaft only with an inversed amplifier in an arithmetic circuit.

[0046] \*\* : in an arithmetic circuit, there is little amplifier, it ends with it being made to calculate each shaft only with one addition-and-subtraction amplifier, and a circuit is simplified.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and NCIP I are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the principle explanatory view of this invention.

[Drawing 2] It is the explanatory view of the acceleration detection in an example.

[Drawing 3] It is the explanatory view of an arithmetic circuit using the reversal amplifier in an example.

[Drawing 4] It is the explanatory view of an arithmetic circuit using the addition-and-subtraction amplifier in an example.

[Description of Notations]

1 Acceleration Sensor

2 Acceleration Sensor

3 Arithmetic Circuit

k1 Main sensibility

k2 Transverse sensitivity

V1 The output of an acceleration sensor 1

V2 The output of an acceleration sensor 2

alpha x x components of acceleration

alphay y component of acceleration

---

[Translation done.]

---

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平8-233846

(43)公開日 平成8年(1996)9月13日

(51)Int.Cl. <sup>1</sup>	識別記号	庁内整理番号	FI	技術表示箇所
G01P 15/08			G01P 15/08	Z
G01D 3/00			G01D 3/00	C
G01P 21/00			G01P 21/00	

審査請求 未請求 請求項の数 8 OL (全 5 頁)

(21)出願番号	特願平7-35788	(71)出願人	000005223 富士通株式会社 神奈川県川崎市中原区上小田中4丁目1番1号
(22)出願日	平成7年(1995)2月24日	(72)発明者	今村 孝浩 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(72)発明者	武藤 弘 神奈川県川崎市中原区上小田中1015番地 富士通株式会社内
		(74)代理人	弁理士 山谷 皓榮 (外1名)

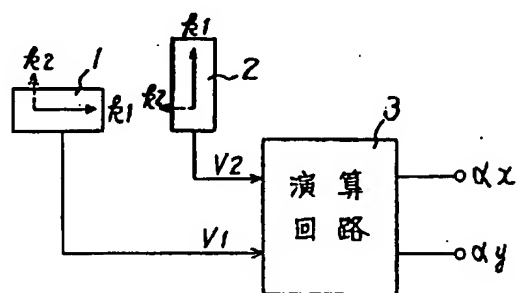
(54)【発明の名称】 加速度検出方法及び装置

## (57)【要約】

【目的】 本発明は、複数の加速度センサーの出力から横感度による誤差を演算により補正することで、加速度の検出精度を高めることを目的とする。

【構成】 主感度  $k_1$  方向が互いに交差するように配置した複数の加速度センサー1、2と、前記各加速度センサー1、2の横感度  $k_2$  による誤差を、前記各加速度センサー1、2の出力  $V_1$ 、 $V_2$  から演算により補正する演算回路3を設ける。

## 本発明の原理説明図





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 主感度方向が互いに交差するように配置した複数の加速度センサーと、  
前記各加速度センサーの横感度による誤差を、前記各加速度センサーの出力から演算により補正することとを特徴とした加速度検出方法。

【請求項2】 前記複数の加速度センサーを主感度方向が互いに直交するように配置することを特徴とした請求項1記載の加速度検出方法。

【請求項3】 主感度方向が互いに交差するように配置した複数の加速度センサーと、  
前記各加速度センサーの出力を演算する演算回路とを設け、  
前記演算回路で、前記各加速度センサーの出力から横感度による誤差を演算により補正することとを特徴とした加速度検出装置。

【請求項4】 前記演算回路で、加速度ベクトル $\{\alpha\}$ に対する出力ベクトル $\{V\}$ を与える感度行列を $\{K\}$ として、 $\{\alpha\} = \{K\}^{-1} \{V\}$ の演算をすることを特徴とした請求項2記載の加速度検出装置。

【請求項5】 前記複数の加速度センサーの間で主感度同士および横感度同士がほぼ等しいことを特徴とした請求項2又は3記載の加速度検出装置。

【請求項6】 前記演算回路で、各軸の演算を、反転増幅器のみで行うことを特徴とした請求項2乃至4のいずれかに記載の加速度検出装置。

【請求項7】 前記演算回路で、各軸の演算を、一つの加減算増幅器のみで行うことを特徴とした請求項2乃至4のいずれかに記載の加速度検出装置。

【請求項8】 前記複数の加速度センサーを主感度方向が互いに直交するように配置することを特徴とした請求項3乃至5のいずれかに記載の加速度検出装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、交差して配置された複数の加速度センサーの出力から各成分の加速度を検出する、加速度検出方法及び装置に関する。

【0002】例えば磁気ディスク装置等において、正確なヘッドの位置決めを行うため筐体のゆれやヘッドアームの運動を加速度により検出したり、外乱振動を受けた際に、書き込みを停止させるために筐体の加速度を検出したりしており、誤差の少ない加速度の検出が望まれている。

## 【0003】

【従来の技術】従来の加速度検出は、複数の加速度センサーを直交して配置し、それぞれの加速度センサーからの出力により、各軸方向の加速度を検出していた。しかし、一般に加速度センサーは主感度方向に直交する方向の加速度に対してもわずかながら感度を持ち、これは、横感度と呼ばれている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】前記のような従来のものにおいては、本来は出力がない主感度方向に直交する方向の加速度である横感度が、わずかながらあり、測定誤差の一因となっていた。このため、加速度センサー自身の横感度を極限まで下げることが必要であった。

【0005】本発明は、このような従来の課題を解決し、複数の加速度センサーの出力から横感度による誤差を演算により補正することで、加速度の検出精度を高めることを目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】図1は本発明の原理説明図であり、図1中、1は加速度センサー、2は加速度センサー、3は演算回路、 $k_1$ は主感度、 $k_2$ は横感度、 $V_1$ は加速度センサー1の出力、 $V_2$ は加速度センサー2の出力、 $\alpha_x$ は加速度のx軸成分、 $\alpha_y$ は加速度のy軸成分を示す。

【0007】本発明は上記の課題を解決するため、次のように構成した。主感度方向が互いに交差するように配置した複数の加速度センサー1、2と、前記各加速度センサー1、2の横感度による誤差を、前記各加速度センサーの出力 $V_1$ 、 $V_2$ から演算により補正する。

【0008】また、主感度方向が互いに交差するように配置した複数の加速度センサー1、2と、前記各加速度センサー1、2の出力 $V_1$ 、 $V_2$ を演算する演算回路3とを設け、前記演算回路3で、前記各加速度センサーの出力 $V_1$ 、 $V_2$ から横感度による誤差を演算により補正する。

【0009】さらに、前記演算回路3で、加速度ベクトル $\{\alpha\}$ に対する出力ベクトル $\{V\}$ を与える感度行列を $\{K\}$ として、 $\{\alpha\} = \{K\}^{-1} \{V\}$ の演算をする。また、前記複数の加速度センサー1、2の間で主感度同士および横感度同士がほぼ等しくする。

【0010】さらに、前記演算回路3で、各軸の演算を、反転増幅器のみで行うようにする。また、前記演算回路3で、各軸の演算を、一つの加減算増幅器のみで行うようにする。

## 【0011】

【作用】前記構成に基づく本発明の作用を、図1に基づいて説明する。主感度方向が互いに交差するように配置した複数の加速度センサー1、2と、前記各加速度センサー1、2の横感度による誤差を、前記各加速度センサーの出力 $V_1$ 、 $V_2$ から演算により補正することで、加速度の検出精度を高めることができる。

【0012】また、主感度方向が互いに交差するように配置した複数の加速度センサー1、2と、前記各加速度センサー1、2の出力 $V_1$ 、 $V_2$ を演算する演算回路3とを設け、前記演算回路3で、前記各加速度センサーの出力 $V_1$ 、 $V_2$ から横感度による誤差を演算により補正することで、加速度の検出精度を高めることができる。

【0013】さらに、前記演算回路3で、加速度ベクトル $\{\alpha\}$ に対する出力ベクトル $\{V\}$ を与える感度行列を $[K]$ として、 $\{\alpha\} = [K]^{-1} \{V\}$ の演算をすることで、複数軸方向の加速度を演算することができる。

【0014】また、前記複数の加速度センサー1、2の間で主感度同士および横感度同士がほぼ等しくすることで、演算回路の設計を簡単にすることができる。さらに、前記演算回路3で、各軸の演算を、反転増幅器のみで行うようにすることで、回路材料の選択が容易になる。

【0015】また、前記演算回路3で、各軸の演算を、一つの加減算増幅器のみで行うようにすることで、増幅器が少なく済み、回路が簡略化される。

【0016】

【実施例】以下、本発明の実施例を図面に基いて説明する。図2～図4は、本発明の実施例を示した図であり、図中、図1と同じものは、同じ符号で示してある。

【0017】§1：加速度検出の説明

図2は、加速度検出の説明図であり、図2(A)は、加速度センサーの説明、図2(B)は、演算式による説明である。

【0018】1) 加速度センサーの説明 \*

$$V1 = k1 \cdot \alpha x + k2 \cdot \alpha y \quad \dots \dots (1)$$

$$V2 = -k2 \cdot \alpha x + k1 \cdot \alpha y \quad \dots \dots (2)$$

そこで、式(1)式(2)から $\alpha x$ 、 $\alpha y$ を求めると次のようになる。

$$\alpha x = K11 \cdot V1 - K12 \cdot V2 \quad \dots \dots (3)$$

$$\alpha y = K21 \cdot V1 + K22 \cdot V2 \quad \dots \dots (4)$$

但し、

$$K11 = k1 / (k1^2 + k2^2)$$

$$K12 = k2 / (k1^2 + k2^2)$$

$$K21 = k2 / (k1^2 + k2^2)$$

$$K22 = k1 / (k1^2 + k2^2)$$

上記の演算をすることにより、 $\alpha x$ 及び $\alpha y$ を正確に検出することができる。

【0024】また、 $x$ 、 $y$ と直交する $z$ 方向の横感度まで考慮する場合も同様で、出力ベクトルを $\{V\}$ 、感度行列を $[K]$ 、加速度ベクトルを $\{\alpha\}$ で表記すると、 $\{V\} = [K] \{\alpha\}$ の関係があり、 $\{\alpha\} = [K]^{-1} \{V\}$ の演算をすることにより、加速度の $x$ 、 $y$ 、 $z$ の各成分 $\alpha x$ 、 $\alpha y$ 、 $\alpha z$ を、正確に検出することができる。

【0025】さらに、各センサーの主感度方向が直交しない場合も、なす角が既知であれば補正可能である。

§2：演算回路の説明

加速度センサー1及び加速度センサー2を主感度方向が直交する向きに配置する。そして、加速度センサー1及び加速度センサー2からの出力電圧を $V1$ 、 $V2$ とし、これら二つの加速度センサー間で主感度及び横感度がそろっているものとする。なお、この出力電圧 $V1$ 、 $V2$

\* 図2(A)の(a)は、測定すべき $x$ 軸方向の加速度成分 $\alpha x$ と $y$ 軸方向の加速度成分 $\alpha y$ を示す。

【0019】図2(A)の(b)は、主感度 $k1$ の方向が $x$ 軸に沿うように配置された加速度センサー1であり、本来 $x$ 方向の加速度のみを検出すべきものであるが、それと直交する方向の感度(横感度) $k2$ はゼロではなく、なにがしの感度を有する。

【0020】図2(A)の(c)は、主感度 $k1$ の方向が $y$ 軸に沿うように配置された加速度センサー2であり、加速度センサー1と同一特性である。

2) 演算式による加速度の説明

本発明は、直交して配置された複数の加速度センサーの出力から、横感度による誤差を演算により補正して各成分の加速度を検出するものである。

【0021】図2(B)は、演算式による説明であり、測定すべき加速度の $x$ 成分及び $y$ 成分をそれぞれ $\alpha x$ 、 $\alpha y$ 、加速度センサー1及び加速度センサー2からのそれぞれの出力を $V1$ 、 $V2$ 、また、各加速度センサー1、2の主感度を $k1$ 、横感度を $k2$ とすると次の様な関係がある。

【0022】

\* 【0023】

は加速度センサーが圧電素子のような電荷型の場合は、チャージアンプを通したのちの出力とする。

【0026】1) 反転増幅器(アンプ)を用いた演算回路の説明

図3は、反転アンプを用いた演算回路の説明図であり、図3において、4個のオペアンプ(演算増幅器)で構成された反転アンプ4～7が設けてある。

【0027】反転アンプ4は、マイナス入力端子に出力電圧 $V1$ に接続された抵抗 $r0$ と帰還抵抗 $r0$ が接続され、プラス入力端子は抵抗 $r0/2$ を介して接地されている。

【0028】反転アンプ5は、マイナス入力端子に反転アンプ4の出力に接続された抵抗 $r11$ と出力電圧 $V2$ に接続された抵抗 $r12$ と帰還抵抗 $r1$ とが接続され、プラス入力端子は抵抗 $re1$ を介して接地されている。なお、抵抗 $re1$ はバイアス補償抵抗であり帰還抵抗 $r1$ 、抵抗 $r11$ 、抵抗 $r12$ の並列合成抵抗値を用いる。

【0029】反転アンプ6は、マイナス入力端子に出力電圧 $V1$ に接続された抵抗 $r21$ と出力電圧 $V2$ に接続された抵抗 $r22$ と帰還抵抗 $r2$ とが接続され、プラス入力端子は抵抗 $re2$ を介して接地されている。なお、抵抗 $re2$ はバイアス補償抵抗であり帰還抵抗 $r2$ 、抵抗 $r$

21、抵抗 $r_{22}$ の並列合成抵抗値を用いる。

【0030】反転アンプ7は、マイナス入力端子に反転アンプ4の出力に接続された抵抗 $r_0$ と帰還抵抗 $r_0$ が接続され、プラス入力端子は抵抗 $r_0/2$ を介して接地されている。

【0031】次に図3の回路の動作を説明する。上段では前段の反転アンプ4で出力電圧 $V_1$ のみ反転させ、後段の反転アンプ5で出力電圧 $V_2$ と重み付き加算を行う。この場合、 $r_1/r_{11}$ 、 $r_1/r_{12}$ がそれぞれ前記式(3)の $K_{11}$ 、 $K_{12}$ となるような抵抗の組み合わせとしておくことにより、加速度 $\alpha_x (= (r_1/r_{11}) \cdot V_1 - (r_1/r_{12}) \cdot V_2)$ が得られる。

【0032】下段では前段の反転アンプ6で出力電圧 $V_1$ と出力電圧 $V_2$ の重み付き加算を行い、後段の反転アンプ7で出力を反転させる。この場合、 $r_2/r_{21}$ 、 $r_2/r_{22}$ がそれぞれ前記式(4)の $K_{21}$ 、 $K_{22}$ となるような抵抗の組み合わせとしておくことにより、加速度 $\alpha_y (= (r_2/r_{21}) \cdot V_1 + (r_2/r_{22}) \cdot V_2)$ が得られる。

【0033】この実施例では2つの加速度センサーの間で主感度及び横感度がそろっているので $r_1 = r_2$ 、 $r_{11} = r_{22}$ 、 $r_{12} = r_{21}$ とすればよいが、これらは独立して変えることができるので、2つの加速度センサーの間で主感度及び横感度が一致していなくても対応することができる。

【0034】また、下段の回路では前段の反転アンプ6の演算で $-K_{21} \cdot V_1 - K_{22} \cdot V_2 (= -\alpha_y)$ が得られるので、後続の回路で対処できるのであれば後段の反転アンプ7は省略可能である。

【0035】この実施例では、反転アンプの+入力端子を接地する両電源アンプの構成としているが、+入力端子を中間電位として片電源アンプとしても効果にかわりはない。

【0036】2) 加減算増幅器(アンプ)を用いた演算回路の説明

図4は、加減算アンプを用いた演算回路の説明図であり、図4において、2個のオペアンプ(演算増幅器)で構成された加減算アンプ8、9が設けてある。

【0037】加減算アンプ8は、マイナス入力端子に出力電圧 $V_2$ に接続された抵抗 $r_{12}$ と帰還抵抗 $r_1$ が接続され、プラス入力端子に出力電圧 $V_1$ に接続された抵抗 $r_{11}$ と接地された抵抗 $r_1$ が接続されている。

【0038】加減算アンプ9は、プラス入力端子に出力電圧 $V_1$ に接続された抵抗 $r_{21}$ と出力電圧 $V_2$ に接続された抵抗 $r_{22}$ と接地された抵抗 $r_2$ が接続され、マイナス入力端子に帰還抵抗 $r_2$ と接地された抵抗(抵抗 $r_{21}$ 、 $r_{22}$ の並列合成抵抗)が接続されている。

【0039】次に図4の回路の動作を説明する。上段の加減算アンプ8で出力電圧 $V_1$ と出力電圧 $V_2$ の重み付

き加減算を行う。この場合、 $r_1/r_{11}$ 、 $r_1/r_{12}$ がそれぞれ前記式(3)の $K_{11}$ 、 $K_{12}$ となるような抵抗の組み合わせとしておくことにより、加速度 $\alpha_x (= (r_1/r_{11}) \cdot V_1 - (r_1/r_{12}) \cdot V_2)$ が得られる。

【0040】下段の加減算アンプ9で出力電圧 $V_1$ と出力電圧 $V_2$ と重み付き加算を行う。この場合、 $r_2/r_{21}$ 、 $r_2/r_{22}$ がそれぞれ前記式(4)の $K_{21}$ 、 $K_{22}$ となるような抵抗の組み合わせとしておくことにより、加速度 $\alpha_y (= (r_2/r_{21}) \cdot V_1 + (r_2/r_{22}) \cdot V_2)$ が得られる。

【0041】このように、この実施例ではオペアンプが2つで済み、前記反転アンプを使用する回路に比べて回路が簡略化される。なお、前述の演算を図3、図4に示したアナログ回路によらず、A/D変換を使ってディジタル演算回路によるディジタル系で処理しても同様の効果を得ることができる。

【0042】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば次のような効果がある。

①：複数の加速度センサーの横感度による誤差を、前記各加速度センサーの出力から演算により補正することで、加速度の検出精度を高めることができる。

【0043】②：複数の加速度センサーの出力を演算する演算回路を設け、前記演算回路で、前記各加速度センサーの出力から横感度による誤差を演算により補正することで、加速度の検出精度を高めることができる。

【0044】③：演算回路で、加速度ベクトル $\{\alpha\}$ に対する出力ベクトル $\{V\}$ を与える感度行列を $[K]$ として、 $\{\alpha\} = [K]^{-1} \{V\}$ の演算をすることで、複数軸方向の加速度を演算することができる。

【0045】④：複数の加速度センサーの間で主感度同士および横感度同士がほぼ等しくすることで、演算回路の設計を簡単に行うことができる。

⑤：演算回路で、各軸の演算を、反転増幅器のみで行うようにすることで、回路材料の選択が容易になる。

【0046】⑥：演算回路で、各軸の演算を、一つの加減算増幅器のみで行うようにすることで、増幅器が少なく済み、回路が簡略化される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の原理説明図である。

【図2】実施例における加速度検出の説明図である。

【図3】実施例における反転アンプを用いた演算回路の説明図である。

【図4】実施例における加減算アンプを用いた演算回路の説明図である。

【符号の説明】

1 加速度センサー

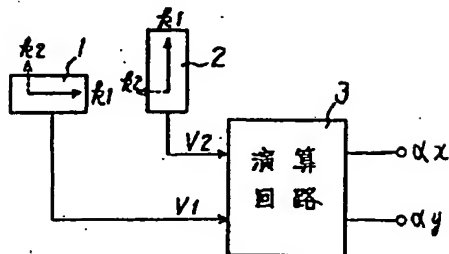
2 加速度センサー

3 演算回路

k1 主感度  
k2 横感度  
V1 加速度センサー1の出力

【図1】

## 本発明の原理説明図

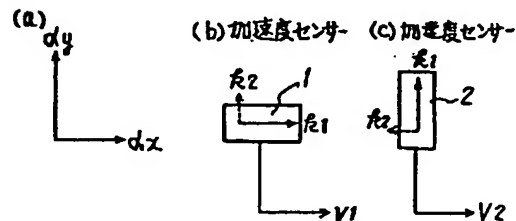


\* V2 加速度センサー2の出力  
αx 加速度のx成分  
\* αy 加速度のy成分

【図2】

## 加速度検出の説明図

## (A) 加速度センサーの説明



## (B) 演算式による説明

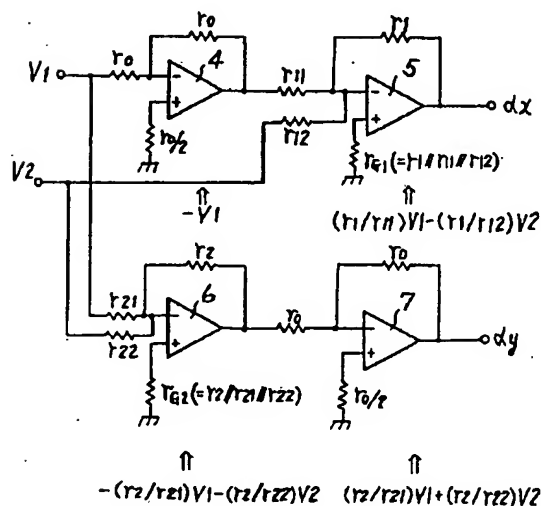
$$\begin{cases} V1 = k1 \cdot \alpha x + k2 \cdot \alpha y & \text{--- (1)} \\ V2 = -k2 \cdot \alpha x + k1 \cdot \alpha y & \text{--- (2)} \end{cases}$$

$$\begin{cases} \alpha x = \left( \frac{k1}{k1^2 + k2^2} \right) V1 - \left( \frac{k2}{k1^2 + k2^2} \right) V2 & \text{--- (3)} \\ \alpha y = \left( \frac{k2}{k1^2 + k2^2} \right) V1 + \left( \frac{k1}{k1^2 + k2^2} \right) V2 & \text{--- (4)} \end{cases}$$

$$\begin{aligned} & \Downarrow \\ & \begin{cases} \alpha x = \left( \frac{k1}{k1^2 + k2^2} \right) V1 - \left( \frac{k2}{k1^2 + k2^2} \right) V2 & \text{--- (3)} \\ \alpha y = \left( \frac{k2}{k1^2 + k2^2} \right) V1 + \left( \frac{k1}{k1^2 + k2^2} \right) V2 & \text{--- (4)} \end{cases} \end{aligned}$$

【図3】

## 反転アンプを用いた演算回路の説明図



【図4】

## 加減算アンプを用いた演算回路の説明図

